

1 9 1 1 2 0 0 7 1 0 0 2 3 0 7

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 05 JAN 2005

WIPO

PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 52 542.4

Anmeldetag: 11. November 2003

Anmelder/Inhaber: MTU Aero Engines GmbH, 80995 München/DE

Bezeichnung: Fräswerkzeug und Verfahren zum Fräsen
von Vertiefungen

IPC: B 23 C 5/02

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 17. November 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Stampschus
BEST AVAILABLE COPY

Fräswerkzeug und Verfahren zum Fräsen von Vertiefungen

Die Erfindung betrifft ein Fräswerkzeug zum Fräsen von Vertiefungen. Des weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Fräsen von Vertiefungen.

5

Die hier vorliegende Erfindung betrifft das Herstellen von nutähnlichen Vertiefungen mittels Fräsen. Nach dem Stand der Technik werden zum Fräsen von kreisförmigen, nutähnlichen Vertiefungen Schaftfräser verwendet, wobei der Durchmesser des Schaftfräasers der Breite der herzustellenden, nutähnlichen Vertiefung entspricht.

10 Sollen schmale, nutähnliche Vertiefungen, d.h. Nuten mit einer geringen Breite, hergestellt werden, so muss der Schaftfräser einen geringen Durchmesser aufweisen. Insbesondere bei dem Fräsen von schmalen, kreisförmigen Nuten besteht das Problem, dass der Schaftfräser infolge seines geringen Durchmesser verschleißanfällig ist, so dass nur mit einem geringen Vorschub für den Schaftfräser gearbeitet werden
15 kann, wodurch sich letztendlich ein nur geringer Abtrag pro Zeiteinheit realisieren lässt. Das Fräsen von schmalen, kreisförmigen Nuten mithilfe von Schaftfräsern ist demnach insgesamt problematisch.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, ein
20 neuartiges Fräswerkzeug zum Fräsen von Vertiefungen sowie ein neuartiges Verfahren zum Fräsen von Vertiefungen zu schaffen.

Dieses Problem wird dadurch gelöst, dass das eingangs genannte Fräswerkzeug durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 weitergebil-
25 det ist.

Erfindungsgemäß verfügt das Fräswerkzeug über mit einen scheibenförmigen oder plattenförmigen Grundkörper und mindestens einen am äußeren Umfang des Grundkörpers angeordneten Schneidkörper, wobei der oder jede Schneidkörper gegenüber
30 dem scheibenförmigen oder plattenförmigen Grundkörper abgewinkelt ist.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist der oder jeder Schneidkörper gegenüber dem scheibenförmigen oder plattenförmigen Grundkörper derart abgewinkelt, dass ein von dem oder jedem Schneidkörper definierter innerer Fräseradius größer ist als ein äußerer Umfangsradius des scheibenförmigen oder plattenförmigen Grundkörpers. Der oder jeder Schneidkörper ist gegenüber einer von dem Grundkörper definierten, scheibenförmigen oder plattenförmigen Fläche zu einer Seite hin abgewinkelt, wobei eine Außenseite der Schneidkörper mit der scheibenförmigen oder plattenförmigen Fläche einen Winkel von größer als 0° und kleiner als 90° , vorzugsweise einen Winkel von größer als 5° und kleiner als 65° einschließen.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Fräsen von Vertiefungen ist durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs 8 gekennzeichnet.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1: ein erfindungsgemäßes Fräswerkzeug zusammen mit einem zu fräsenden Werkstück in einem stark schematisierten Querschnitt;

Fig. 2: einen Ausschnitt aus dem zu fräsenden Werkstück der Fig. 1;

Fig. 3: eine Seitenansicht eines Fräswerkzeug im Sinne der Erfindung; und

Fig. 4: ein weiteres erfindungsgemäßes Fräswerkzeug zusammen mit einem zu fräsenden Werkstück, nämlich einem zu fräsenden Schaufelprofil, in einer stark schematisierten, perspektivischen Seitenansicht.

Nachfolgend wird die hier vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf Fig. 1 bis 4 in größerem Detail beschrieben, wobei Fig. 1 und 2 schematische Darstellungen sind, wobei Fig. 3 ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Fräs-

werkzeugs zeigt, und wobei Fig. 4 eine bevorzugte Verwendung des Fräswerkzeugs visualisiert.

Fig. 1 zeigt das Konstruktionsprinzip eines erfindungsgemäßen Fräswerkzeugs 10
5 zusammen mit einem Werkstück 11, wobei in eine Oberfläche 12 des Werkstücks 11 eine kreisförmige Nut 13 gefräst wird. Die zu fräsende Nut 13 verfügt über eine Breite DN und eine Tiefe TN, wobei Fig. 1 als weitere Kenngröße der herzustellenden, kreisförmigen Nut 13 einen Innenradius RZI der herzustellenden, kreisförmigen Nut 13 zeigt. Aus dem Innenradius RZI der herzustellenden Nut 13 und der Dicke DN derselben ist durch Addition ein Außenradius der herzustellenden, kreisförmigen Nut 13
10 errechenbar.

Zum Fräsen der kreisförmigen Nut 13 wird das in Fig. 1 dargestellte, erfindungsgemäße Fräswerkzeug 10 verwendet. Das Fräswerkzeug 10 verfügt über einen scheibenförmigen oder plattenförmigen Grundkörper 14 sowie über gegenüber dem
15 Grundkörper 14 abgewinkelte Schneidkörper 15. Die Schneidkörper 15 verfügen über eine Dicke DS, die an die Breite DN der herzustellenden Nut 13 angepasst ist.

Die Schneidkörper 15 sind derart gegenüber dem plattenförmigen oder scheibenförmigen Grundkörper 14 abgewinkelt, dass ein durch Innenkanten 16 der Schneidkörper definierter, innerer Fräserradius RKI einerseits größer ist als ein äußerer Umfangsradius des scheibenförmigen oder plattenförmigen Grundkörpers 10 und andererseits größer ist als der Innenradius RZI der herzustellenden, kreisförmigen Nut 13. Demnach ist auch ein in Fig. 1 nicht dargestellter, durch Außenkanten 17 der
20 Schneidkörper definierter, äußerer Fräserradius größer als ein Außenradius der herzustellenden Nut 13.

Die Schneidkörper 15 sind gegenüber dem Grundkörper 14 zu einer Seite hin abgewinkelt, wobei eine Außenfläche 18 der Schneidkörper 15 und eine durch den
30 Grundkörper 14 definierte, scheibenförmige oder plattenförmige Fläche 19 des Grundkörpers 14 einen Winkel PHI von kleiner als 90° und größer als 0° einschließt. Bevorzugt liegt der Winkel PHI in einem Bereich zwischen 5° und 65° , besonders bevorzugt in einem Bereich von 5° und 35° .

Bedingt durch die Abwinkelung der Schneidkörper 15 gegenüber dem Grundkörper 14 des Fräswerkzeugs 10 und durch den gegenüber dem Innenradius RZI der herzustellenden Nut 13 vergrößerten Fräserinnenradius RKI wird zum Fräsen der Nut 13 das Fräswerkzeug 10 gegenüber dem zu bearbeitenden Werkstück 11 schräggestellt. Eine Rotationsachse 20 des Fräswerkzeugs 10 und die Oberfläche 12 des zu bearbeitenden Werkstücks 11 schließen dabei wiederum den Winkel PHI ein.

Fig. 2 verdeutlicht eine mithilfe des oben beschriebenen, erfindungsgemäßen Fräswerkzeugs 10 hergestellte Nut 13. Bedingt durch die Winkelstellung des Fräswerkzeugs 10 gegenüber dem zu bearbeitenden Werkstück 11 ergeben sich parabolisch geformte Schneidkanten im Bereich der Nut 13. So zeigt Fig. 1 eine parabolisch geformte Innenwand 21 sowie eine parabolisch geformte Außenwand 22 der herzustellenden, kreisförmigen Nut 13. Weiterhin zeigt Fig. 2 eine Toleranz TOLI zwischen der gefrästen Innenwand 21 und der Sollform derselben sowie eine Toleranz TOLA zwischen der gefrästen Außenwand 22 der Nut 13 und der entsprechenden Sollform. Die Summe aus TOLI und TOLA ergibt die Gesamttoleranz der herzustellenden Nut 13.

Durch eine Vergrößerung der Innentoleranz TOLI kann die Außentoleranz TOLA verkleinert werden, wobei jedoch zu beachten ist, dass infolge der geometrischen Verhältnisse eine Vergrößerung der Innentoleranz TOLI nicht im gleichen Umfang bzw. im gleichen Maß eine Verkleinerung der Außentoleranz TOLA bewirkt. Bei einer Vergrößerung der Innentoleranz ergibt sich demnach in jedem Fall auch eine Vergrößerung der Gesamttoleranz.

Zum Fräsen einer Nut 13 mithilfe des erfindungsgemäßen Fräswerkzeugs 10 wird so vorgegangen, dass ein Werkstück 11 bereitgestellt wird und für das Werkstück 11 vorzugsweise der Innenradius RZI der zu fräsenden Nut 13 und die Tiefe TN sowie Breite DN der zu fräsenden Nut 13 festgelegt wird. Wie bereits erwähnt, bestimmt die Breite DN der Nut 13 die Dicke DS der Schneidkörper 15 des erfindungsgemäßen Fräswerkzeugs 10. Zusätzlich zum Innenradius RZI, zur Tiefe TN sowie Breite DN der Nut 13 wird für dieselbe die zulässige Innentoleranz TOLI sowie die zulässige

Außentoleranz TOLA festgelegt. Aus diesen Werten wird dann einerseits der Radius R_{KI} sowie der Winkel PHI bestimmt bzw. errechnet. Dies erfolgt vorzugsweise automatisch unter Verwendung einer entsprechenden Software, die unter Vorgabe von R_{ZI}, DN, TN sowie TOL_I und TOLA die Parameter DS, PHI und R_{KI} ermittelt. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass sich für eine vorgegebene Innentoleranz TOL_I aus der Dicke DS der Schneidkörper 15 sowie den Parametern R_{KI} und PHI die Außentoleranz TOLA errechnen lässt. Demnach ist es auch ausreichend als Toleranzwert nur die Innentoleranz TOL_I vorzugeben.

10 Es liegt demnach im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, zum Fräsen von insbesondere schmalen, kreisförmigen Nuten nicht, wie im Stand der Technik üblich, einen Schaftfräser zu verwenden, sondern vielmehr ein Fräs Werkzeug, dass über einen plattenförmigen oder scheibenförmigen Grundkörper und am äußeren Umfang des Grundkörpers angeordnete Schneidkörper verfügt. Die Schneidkörper sind gegenüber dem Grundkörper abgewinkelt. Ein von den Schneidkörpern definierter Fräserradius, insbesondere ein Fräserinnenradius, ist größer als der Radius, insbesondere der Innenradius, der zu fräsenden Vertiefung. Beim Fräsen wird das Fräs Werkzeug gegenüber der Oberfläche, in welche die Nut zu fräsen ist, um den Winkel schrägestellt, um welchen die Schneidkörper gegenüber dem plattenförmigen Grundkörper abgewinkelt sind.

Mithilfe des erfindungsgemäßen Fräs Werkzeugs sowie des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Fräsen von kreisförmigen Vertiefungen lässt sich auch bei schmalen Nuten eine hohe Fräserzerspanleistung bereitstellen, weil das erfindungsgemäße Fräs Werkzeug gegenüber mechanischen Beanspruchungen deutlich unempfindlicher ist als Schaftfräser. Das erfindungsgemäße Fräs Werkzeug zeichnet sich durch einen stabilen Betrieb aus. Es können Hartmetallzähne oder auch Keramikscheidplatten als Schneidkörper verwendet werden. Die Werkzeugkosten für das erfindungsgemäße Fräs Werkzeug sind gering.

30 Fig. 3 zeigt ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel eines Fräs Werkzeugs, wobei zur Vermeidung unnötiger Wiederholungen für gleiche Baugruppen gleiche Bezugsziffern verwendet werden. So verfügt das Fräs Werkzeug 10 gemäß Fig. 3 über einen platten-

förmigen oder scheibenförmigen Grundkörper 14 sowie über die gegenüber dem Grundkörper 14 abgewinkelten Schneidkörper 15. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 3 beträgt der Winkel PHI, um den die Schneidkörper 15 gegenüber der Fläche 19 zu einer Seite hin abgewinkelt sind, in etwa 10°.

5

Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich insbesondere zum Fräsen von schmalen, kreisförmigen Nuten. Es ist besonders vorteilhaft bei der Nachbearbeitung bzw. Instandsetzung von Nuten an Gasturbinenbauteilen einsetzbar, die sich während des Betriebs verformt haben, bei denen also eine zu bearbeitenden Nut nicht mehr kreisförmig ist, sondern oval oder polygonisiert. Auch dies kann mit dem erfindungsgemäßen Fräser durchgeführt werden, indem zuerst die sich während des Betriebs verformte Nut vermessen wird und anhängig hiervon zur Bearbeitung der Nut das Fräs-
werkszeug im Sinne eines adaptiven Fräsverfahrens beeinflusst wird. Hierbei wird insbesondere der Winkel PHI angepasst.

15

Weiterhin liegt es im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, das erfindungsgemäße Fräswerkzeug bzw. das erfindungsgemäße Verfahren für Fräsbearbeitungen an integral beschaukelten Rotoren, die auch als Blisk oder Bling bezeichnet werden, zu verwenden. So eignet sich das Verfahren insbesondere zum vereinfachten Schaufelprofilfräsen an Blisks oder Blings. Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens lassen sich an Blisks oder Blings Strömungskanäle zwischen benachbarten Schaufeln schnell und mit einer hohen Zerspanleistung herausfräsen. Eine derartige Fräsbearbeitung an Blisks oder Blings kann als Grobbearbeitung und als Endbearbeitung erfolgen. Zur Endbearbeitung kommt vorzugsweise eine 5-Achs-Fräsmaschine zum Einsatz, mit Hilfe derer das Fräswerkzeug auf jeden Punkt eines zu fräsenden Profils positionsgenau hingesteuert werden kann.

20

25

30

Auch eignet sich das erfindungsgemäße Fräswerkzeug bzw. das erfindungsgemäße Verfahren zur Einzelschaufelfertigung, was nachfolgend unter Bezugnahme auf Fig. 4 beschrieben werden soll. So zeigt Fig. 1 ein erfindungsgemäßes Fräswerkzeug 10, mit welchem gemäß Fig. 1 eine Saugseite 23 einer Einzelschaufel 24 herausgefräst wird. Das Fräswerkzeug 10 gemäß Fig. 4 entspricht prinzipiell dem Fräswerkzeug 10 gemäß Fig. 1, sodass zur Vermeidung von Wiederholungen für gleiche Baugruppen

gleiche Bezugsziffern verwendet werden. Das Fräswerkzeug 10 wird im Sinne des Pfeils 25 drehend angetrieben. Beim Fräsen wird das Fräswerkzeug 10 weiterhin in Richtung der Drehachse in den Werkstoff hineinbewegt. Beim Fräsen der Saugseite 23 der Einzelschaufel 24 muss demnach die Innenkante 16 des Fräswerkszeugs 10 an die Kontur des Saugseite 23 angepasst sein. Soll eine der Saugseite 23 gegenüberliegende Druckseite 26 der Einzelschaufel 24 herausgefräst werden, so kann abhängig vom Krümmungsunterschied zwischen Saugseite 23 und Druckseite 26 entweder die Außenkante 27 desselben Fräswerkszeugs 10 verwendet werden, oder es wird das Fräswerkzeug gewechselt. Auch hier ist an der Einzelschaufel 24 eine Grob-
bearbeitung und auch einer Endbearbeitung durchführbar. Bei der Fräsbearbeitung an Blisks oder Blings kann analog zum Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4 vorgegangen werden, wobei das Fräswerkszeugs 10 so ausgelegt werden muss, dass in keiner Lage desselben eine Kollision mit Schaufelkonturen des Blisk oder Bling erfolgt.

Bezugszeichenliste

	10	Fräswerkzeug
	11	Werkstück
5	12	Oberfläche
	13	Nut
	14	Grundkörper
	15	Schneidkörper
	16	Innenkante
10	17	Außenkante
	18	Außenfläche
	19	Fläche
	20	Rotationsachse
	21	Innenwand
15	22	Außenwand
	23	Saugseite
	24	Einzelchaufel
	25	Pfeil
	26	Druckseite

20

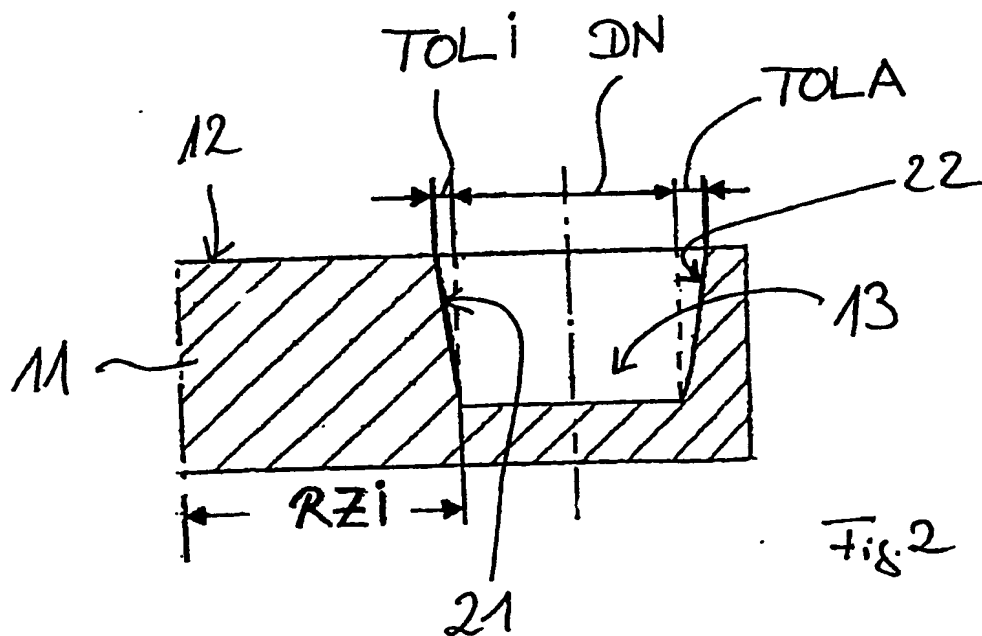
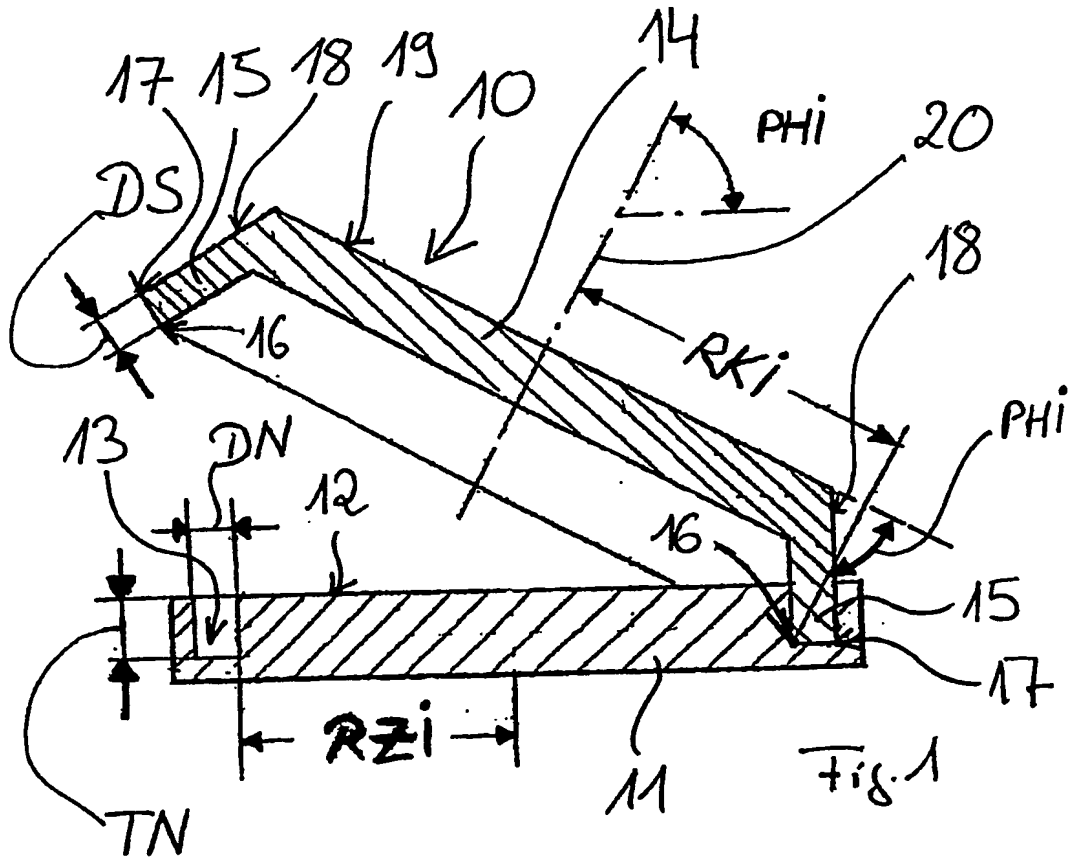
Patentansprüche

1. Fräswerkzeug zum Fräsen von Vertiefungen, insbesondere von kreisförmigen Nuten, in ein Werkstück, mit einem scheibenförmigen oder plattenförmigen Grundkörper (14) und mit mindestens einem am äußeren Umfang des Grundkörpers (14) angeordneten Schneidkörper (15), wobei der oder jeder Schneidkörper (15) gegenüber dem scheibenförmigen oder plattenförmigen Grundkörper (14) abgewinkelt ist.
2. Fräswerkzeug nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dicke (DS) des oder jeden Schneidkörpers (15) in etwa der Breite (DN) der zu fräsenden Vertiefung (13) entspricht.
3. Fräswerkzeug nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der oder jeder Schneidkörper (15) gegenüber dem scheibenförmigen oder plattenförmigen Grundkörper (14) derart abgewinkelt ist, dass ein von dem oder jedem Schneidkörper (15) definierter innerer Fräseradius (RKI) größer ist als ein äußerer Umfangsradius des scheibenförmigen oder plattenförmigen Grundkörpers (14).
4. Fräswerkzeug nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der oder jeder Schneidkörper (15) gegenüber dem scheibenförmigen oder plattenförmigen Grundkörper (14) derart abgewinkelt ist, dass der oder jeder Schneidkörper (15) gegenüber einer von dem Grundkörper (14) definierten scheibenförmigen oder plattenförmigen Fläche (19) zu einer Seite hin abgewinkelt ist, wobei eine Außenseite der Schneidkörper (18) mit der Fläche (19) einen Winkel (PHI) von größer als 0° und kleiner als 90° einschließen.
5. Fräswerkzeug nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Außenseite (18) der Schneidkörper (15) mit der Fläche (18) des Grundkörpers (14) einen Winkel (PHI) von größer als 5° und kleiner als 65° einschließen.

6. Fräswerkzeug nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Außenseite (18) der Schneidkörper (15) mit der Fläche (18) einen Winkel (PHI) von größer als 5° und kleiner als 35° , vorzugsweise einen Winkel (PHI) von 10° , einschließen.
- 5
7. Fräswerkzeug nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein von dem oder jedem Schneidkörper (15) definierter Fräseradius größer ist als der Radius einer zu fräsenden, kreisförmigen Vertiefung (13).
- 10
8. Verfahren zum Fräsen von Vertiefungen (13), insbesondere von kreisförmigen Nuten, in ein Werkstück (11), wobei das Werkstück von einem Fräswerkzeug (10) derart gefräst wird, dass sich eine gewünschte Vertiefung ergibt, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Fräswerkzeug (10) nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7 verwendet wird.
- 15
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Fräsen eine Drehachse (20) des Fräswerkzeugs (10) mit der Oberfläche (12) des Werkstücks (11), in welche die kreisförmige Vertiefung gefräst wird, einen Winkel (PHI) von größer als 0° und kleiner als 90° einschließt.
- 20
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Winkel (PHI) zwischen der Drehachse (20) des Fräswerkzeugs (10) und der Oberfläche (12) des Werkstücks (11), in welche die kreisförmige Vertiefung gefräst wird, in etwa dem Winkel (PHI) zwischen der Außenseite (18) der Schneidkörper (15) und der scheibenförmigen oder plattenförmigen Fläche (19) des Grundkörper (14) entspricht.
- 25
11. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** neben einem Radius (RZI), der Tiefe (TN) und der Breite (DN) der zu fräsenden, kreisförmigen Vertiefung (13) eine zulässige Toleranz (TOLI, TOLA) für die Vertiefung definiert wird, wobei aus diesen Werten ein geeigneter Fräseradius (RKI) und ein geeigneter Winkel (PHI) zwischen der
- 30

Außenseite (18) der Schneidkörper (15) des Fräswerkzeugs und der scheibenförmigen oder plattenförmigen Fläche (19) des Grundkörpers (14) des Fräswerkzeugs (10) errechnet wird.

- 5 12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Toleranz (TOL) für eine kreisförmige Innenwand und/oder eine Toleranz (TOLA) für eine kreisförmige Außenwand der zu fräsenden, kreisförmigen Vertiefung festgelegt wird.
- 10 13. Verwendung eines Fräswerkzeugs nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7 zum Fräsen von kreisförmigen Vertiefungen, insbesondere von kreisförmigen Nuten, an rotationssymmetrischen, scheibenförmigen oder ringförmigen Bauteilen, nämlich an Gasturbinenbauteilen.
- 15 14. Verwendung eines Fräswerkzeugs nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7 zum Bearbeiten von nutförmigen Vertiefungen an während eines Betriebs verformten Gasturbinenbauteilen.
- 20 15. Verwendung eines Fräswerkzeugs nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7 zum Fräsen von Strömungskanälen zwischen benachbarten Schaufeln bzw. von Schaufelzwischenräumen bei der Fertigung von integral beschaufelten Rotoren (Blisk oder Bling) einer Gasturbine.
- 25 16. Verwendung eines Fräswerkzeugs nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7 zum Fräsen von Einzelschaufelprofilen für Gasturbinenschaufeln.



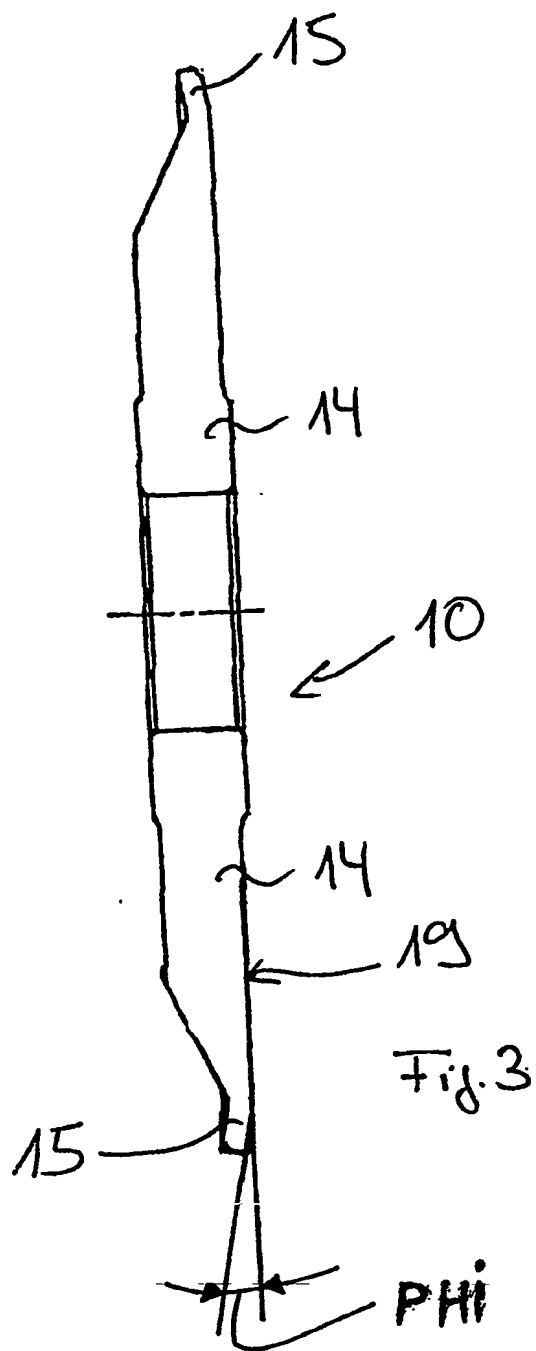
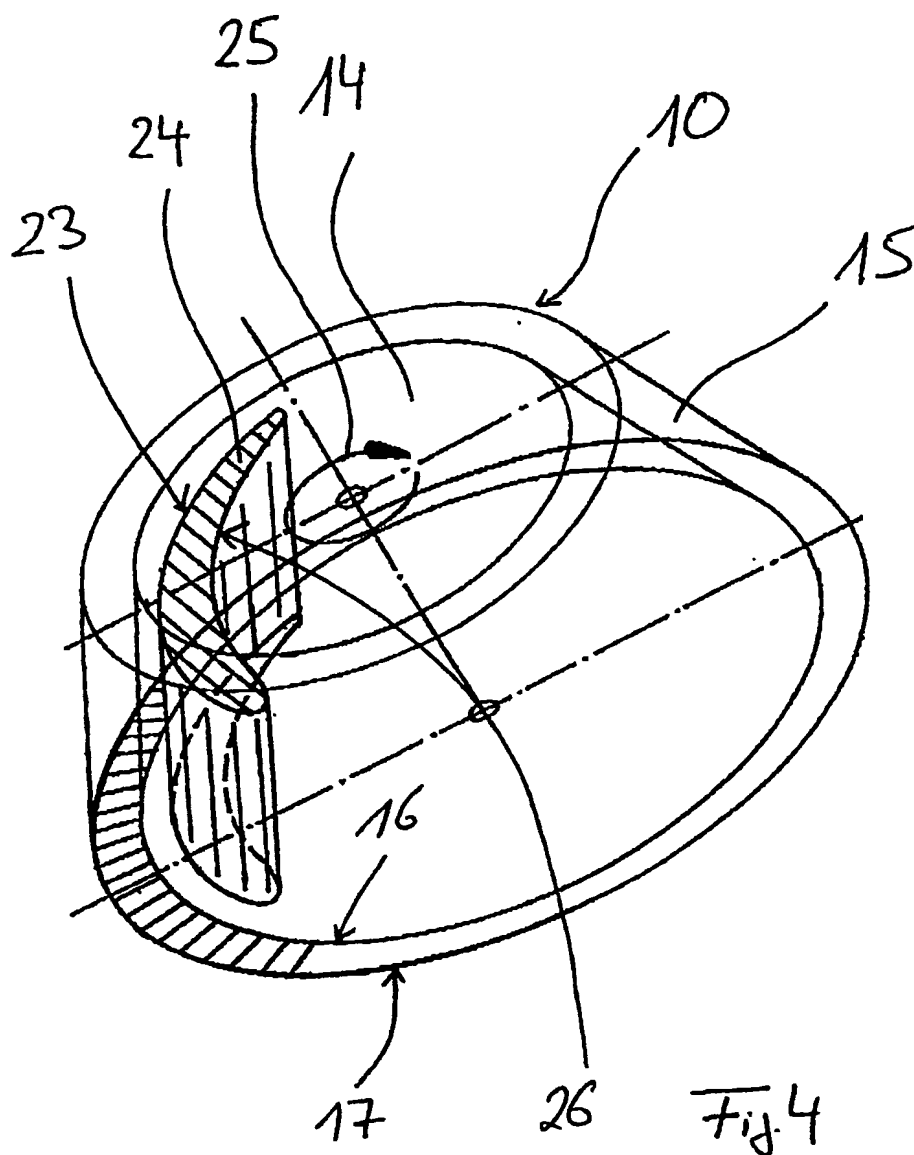


Fig. 3



Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Fräswerkzeug zum Fräsen von Vertiefungen, insbesondere von kreisförmigen Nuten, in ein Werkstück.

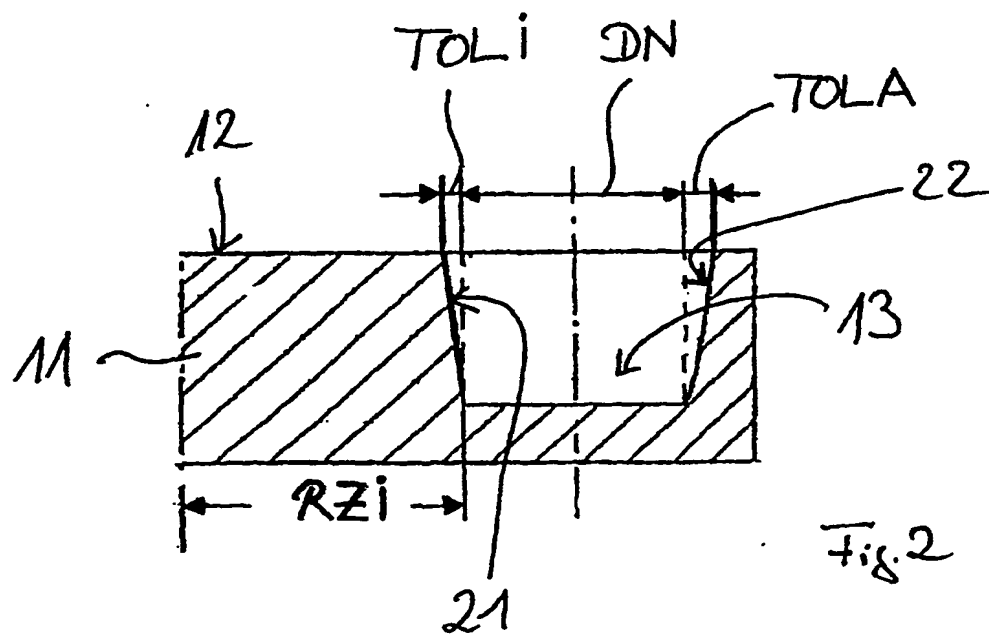
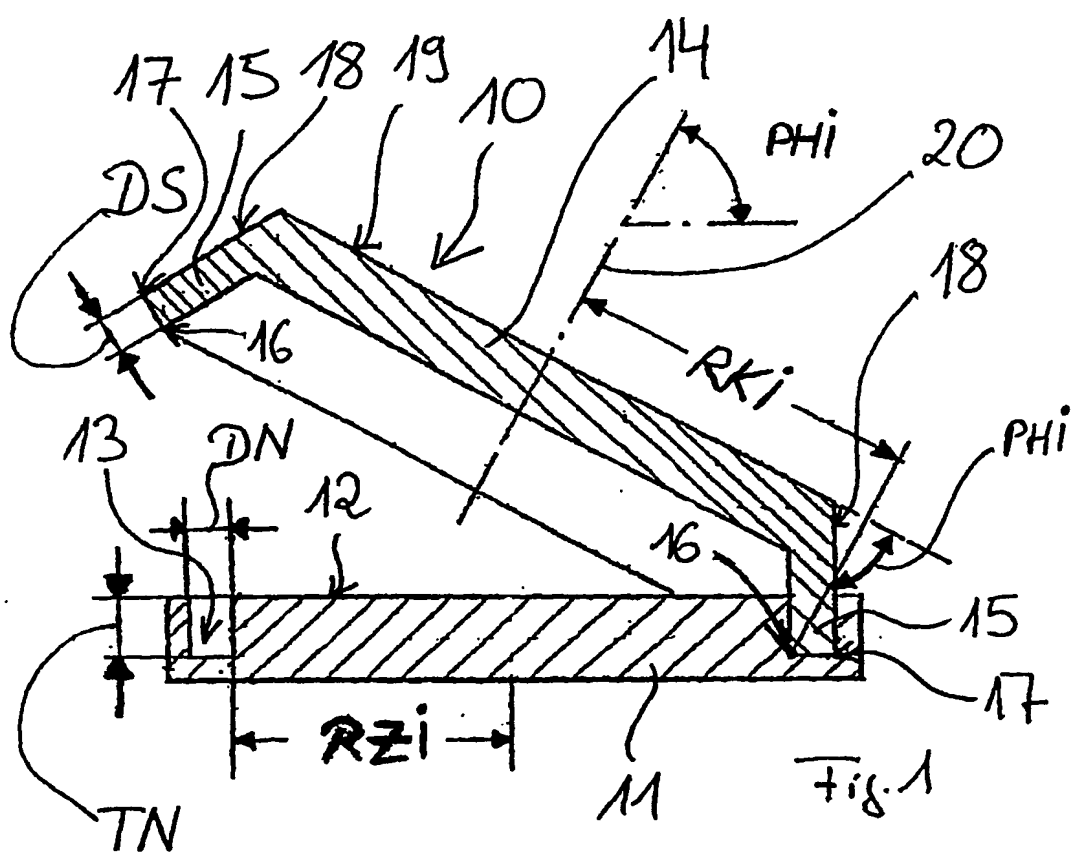
5

Das Fräswerkzeug (10) verfügt über einen scheibenförmigen oder plattenförmigen Grundkörper (14) und über mindestens einen am äußeren Umfang des Grundkörpers (14) angeordneten Schneidkörper (15), wobei der oder jeder Schneidkörper (15) gegenüber dem scheibenförmigen oder plattenförmigen Grundkörper (14) abgewin-

10

kelt ist.

(Fig. 1)



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☒ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.